



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2003120760/28, 07.07.2003

(24) Дата начала действия патента: 07.07.2003

(45) Опубликовано: 10.03.2005 Бюл. № 7

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2154290 C1, 10.08.2000. RU 2066463 C1, 10.09.1996. US 5636299 A, 03.06.1997. US 3717762 A, 20.02.1973.

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, УГТУ-УПИ,  
центр интеллектуальной собственности, Т.В.  
Маркс

(72) Автор(ы):

Шульгин Б.В. (RU),  
Жукова Л.В. (RU),  
Петров В.Л. (RU),  
Райков Д.В. (RU),  
Черепанов А.Н. (RU)

(73) Патентообладатель(ли):

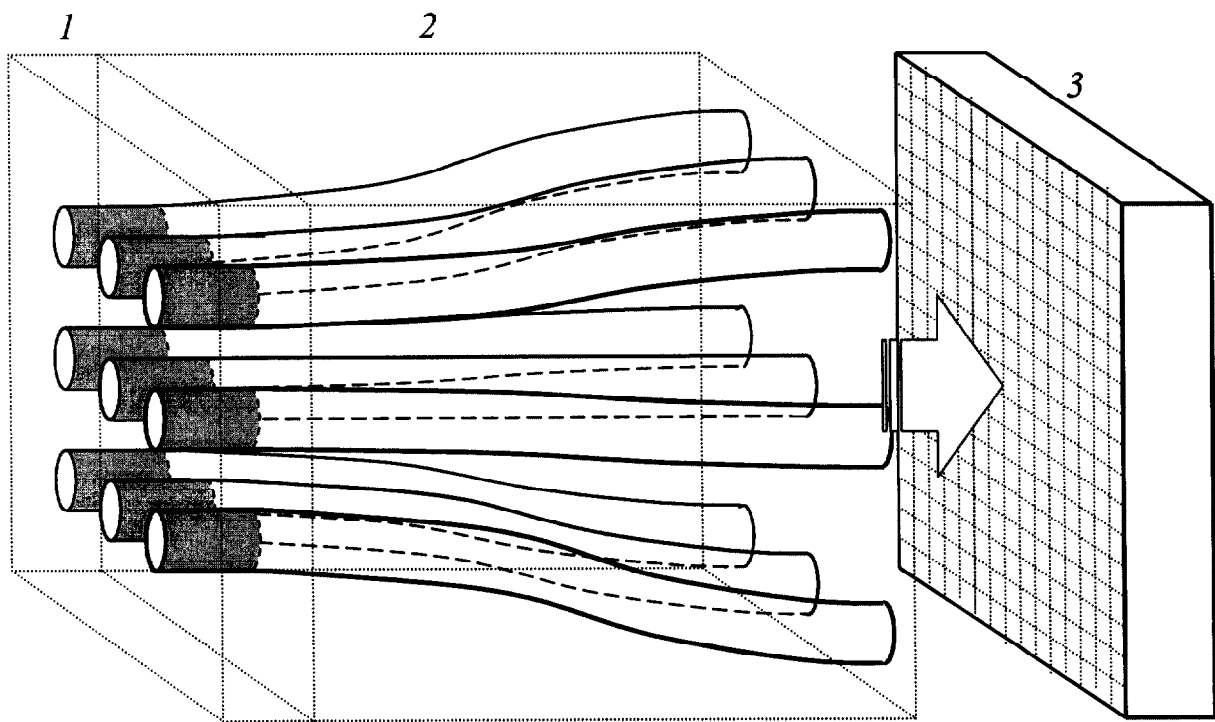
ГОУ ВПО Уральский государственный  
технический университет-УПИ (RU)

### (54) СВЕТОВОЛОКОННЫЙ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЙ ДЕТЕКТОР РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

(57) Реферат:

Использование: в системах радиационного мониторинга. Сущность: детектор содержит блок регистрации рентгеновского излучения в виде набора волоконно-оптических сцинтилляторов, передающий блок волоконно-оптической связи, выполненные в виде единого волоконно-оптического модуля, фотоприемное устройство с блоком электронной обработки

сигналов в виде оптической системы пикселей, единый волоконно-оптический модуль выполнен в виде цельных волокон на основе галогенидов серебра AgCl-AgBr-AgI, причем регистрирующая часть содержит активирующую добавку, а передающая часть выполнена без активирующих добавок. Технический результат - повышение эффективности регистрации. 1 ил.





FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2003120760/28, 07.07.2003**

(24) Effective date for property rights: **07.07.2003**

(45) Date of publication: **10.03.2005 Bull. 7**

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, ul. Mira, 19, UGTU-UI,  
tsentr intellektual'noj sobstvennosti, T.V. Marks**

(72) Inventor(s):

**Shul'gin B.V. (RU),  
Zhukova L.V. (RU),  
Petrov V.L. (RU),  
Rajkov D.V. (RU),  
Cherepanov A.N. (RU)**

(73) Proprietor(s):

**GOU VPO Ural'skij gosudarstvennyj tekhnicheskij  
universitet-UI (RU)**

## (54) X-RAY SCINTILLATION FIBER-OPTIC DETECTOR

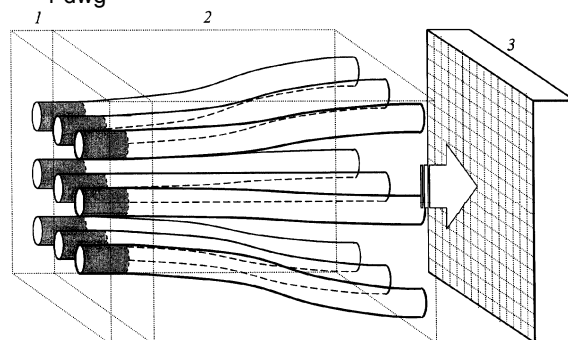
(57) Abstract:

FIELD: radiation monitoring.

SUBSTANCE: detector has X-ray registration unit made in form of set of fiber-optic scintillators and fiber-optics communication transmitting unit (both made in form of single fiber-optic module, photoreceiver provided with signals electronic processing unit made in form of pixels optical system. Integral fiber-optic module is made in form of one-piece fibers on the base of argentums halogenides AgCl-AgBr-Agl. Registering part has active admixture and transmitting part has no active admixtures.

EFFECT: improved efficiency of registration.

1 dwg



Изобретение относится к области детектирования и визуализации рентгеновского излучения и электронных пучков и может быть использовано в дозиметрической практике в системах радиационного мониторинга, особо в интроскопах медицинского назначения (томография, рентгенография, сцинтиграфия), а также в рентгеновских интроскопических системах неразрушающего радиационного контроля изделий автомобилестроения, кораблестроения, самолетостроения и ответственных элементов космической техники.

Известен световолоконный сцинтилляционный детектор рентгеновского излучения, включающий в себя волоконно-оптический сцинтилляционный датчик (Акимов Ю.К. Сцинтилляционные методы регистрации частиц больших энергий. Изд. МГУ, 1963), чувствительный элемент которого содержит нити из пластикового сцинтиллятора диаметром 1 мм, заполняющие люцитовый каркас размером 100×100×100 мм. Такой световолоконный сцинтилляционный детектор из-за низкого эффективного атомного номера ( $Z_{эфф} < 6$ ) имеет низкую эффективность регистрации рентгеновского излучения и поэтому не предназначен для использования в медицинских интроскопах и томографах из-за повышенных дозовых нагрузок на пациентов и обслуживающий персонал. Он не пригоден для работы в медицинских и промышленных детекторных системах неразрушающего контроля (дефектоскопах) из-за низкой чувствительности к рентгеновскому излучению.

Известны световолоконные детекторы рентгеновского и гамма-излучения на основе кварцевых волокон (Dianov E.M., Golant K.M. et al. Electronics letters. 1995. Vol.31, №17. P.1490-1491; Dianov E.M., Golant K.M. et al. Electronics letters. 1999. Vol.35, №2. P.170-171) и на основе волокон KU или KS-4V (Tomashuk A.L., Dianov E.M. et al. RADECS'97, paper PK7, IEEE Transaction on Nuclear Science. 1998. Vol.45, №3, part 3. P.1576-1579). Однако они являются детекторами интегрального абсорбционного типа и пригодны только для измерения дозы рентгеновского и гамма-излучения по интенсивности наведенных излучением полос в спектрах поглощения волокон. Причем они чувствительны только к высоким дозам излучения (от десятков грей до мегагрей) и совершенно не пригодны для работы в режиме реального (on line) времени. Они не пригодны для получения и обработки информации, а тем более для передачи результатов визуализации изображения в медицинских и промышленных томографах.

Известен световолоконный сцинтилляционный детектор гамма- и рентгеновского излучения на основе иодида натрия по патенту США (патент США (US) №4586785). Недостатком такого сцинтилляционного детектора является его высокая гигроскопичность и малая длина световолокон (несколько миллиметров). Из-за таких коротких волокон невозможна передача результатов визуализации изображения в медицинских и промышленных томографах на расстояния, превышающие несколько миллиметров.

Известен кристаллический сцинтиллятор Лия-2 (патент РФ 2066464), отличающийся пластичностью, малым временем высвечивания, повышенным эффективным атомным номером ( $Z_{эфф} = 42,7-42,8$ ) и соответственно повышенной чувствительностью к рентгеновскому излучению в сравнении с чувствительностью пластиковых органических сцинтилляторов, а также высокой прозрачностью в видимом и инфракрасном диапазонах. Однако применение кристаллов Лия-2 в виде волоконно-оптических сцинтилляторов для регистрации рентгеновского излучения и передачи результатов визуализации излучения в патенте РФ 2066464 не описано.

Известен световолоконный сцинтилляционный детектор (свидетельство Роспатента №1756 от 16.02.1996 на полезную модель "Волоконно-оптический трековый детектор") из набора сцинтилляционных волокон на основе галогенидов серебра диаметром 0,05 мм (диаметр всей сборки в люцитовом каркасе - 50 мм), в котором в качестве фотоприемника применен электронно-оптический преобразователь с микроканальной пластиной. Детектор пригоден только для определения (визуализации) треков (следов) заряженных частиц большой энергии, однако, известный световолоконный детектор не имеет канала передачи результатов визуализации рентгеновского излучения. Он не пригоден для передачи результатов визуализации рентгеновского излучения в системах компьютерной

медицинской томографии или в промышленных детектирующих комплексах (интроскопах) неразрушающего контроля.

Известны световолоконные сцинтилляционные детекторы на основе блоков из органических сцинтилляционных волокон различного сечения, в частности круглого (Компания Шотт, Майнц Германия; CERN-Courier, Scintillating Fibers, 1990. Vol.30, №8. P.23) или сотоподобного шестиугольного сечения (Компания Kyowa Gas, Япония; CERN-Conrier, Scintillating Fibers, 1990. Vol.30, №8. P.23). Такие детекторы обеспечивают высокое временное (наносекунды) и пространственное (20-60 мкм) разрешение и пригодны для использования в экспериментах, где требуется регистрации потоков излучения с большей плотностью и соответственно большая скорость счета. Недостатком таких органических детекторов является их низкий эффективный атомный номер ( $Z_{эфф} < 6-8$ ) и как следствие этого низкая эффективность регистрации и визуализации рентгеновского излучения и соответственно низкая эффективность передачи результатов визуализации ионизирующего излучения на расстояние.

Известны световолоконные сцинтилляционные детекторы (калориметры), представляющие собой сцинтилляционные волокна, включенные в свинцовую матрицу с раздельным считыванием отдельных сцинтилляционных волокон (Acosta D. et all. Lateral Shower Profiles in a Lead Scintillating - Fiber Calorimeter. NIM, 1992. Vol.A316. P.184). Такие детекторы пригодны для регистрации частиц высоких энергий. Однако используемые в известных световолоконных сцинтилляционных детекторах волокна изготовлены из органического материала, поэтому имеют низкий эффективный атомный номер и соответственно низкую эффективность регистрации рентгеновского излучения. Они не пригодны для применения в медицинских томографах. Их применение в промышленных томографах или интроскопах также ограничено из-за низкой эффективности регистрации рентгеновского излучения и их низкой температуры плавления и соответственно низкой температурной устойчивостью при эксплуатации.

Известен сцинтилляционный световод (патент РФ 2154290). Световод используют для обнаружения и измерения ионизирующего излучения (рентгеновского, гамма-, альфа- и электронного). Состав сцинтилляционного световода - твердые растворы на основе галогенидов серебра, мас.%.: AgCl 17,980-27,000; AgBr 82,000-72,499; AgI 0,010-0,500, которые активированы добавками либо таллия, либо хрома, либо европия, либо церия в количестве 0,01-0,001 мас.%. Световоды получают длиной до 50 м и более. Они негигроскопичны, высоко пластичны, нетоксичны, имеют высокую плотность ( $6,4 \text{ г/см}^3$ ) и эффективный атомный номер ( $Z_{эфф} = 42,7-42,8$ ); обладают малым временем высвечивания (20 нс) и имеют удобный для регистрации спектр свечения с максимумом при 400 нм. Рабочий температурный диапазон соответствует области от -60 до +200°C. Световод является сцинтиллирующим по всей длине вследствие наличия в нем первично флюоресцирующих добавок в виде либо таллия, либо хрома, либо европия, либо церия. Последние снижают прозрачность световода, ухудшают пространственно разрешающую способность световода и в целом ухудшают передачу результатов визуализации рентгеновского излучения. Однако в патенте РФ 2154290 описан только состав сцинтилляционного световода. Устройства, использующие сцинтилляционные световоды известного состава для визуализации рентгеновского излучения, в патенте не названы, не описаны.

Известен волоконно-оптический сцинтилляционный детектор (патент РФ 2190240), его сущность заключается в следующем: сцинтиллятор датчика выполнен в виде сцинтилляционного волоконно-оптического кабеля, состоящего из чехла-оболочки и витой пары или набора нескольких витых пар из волоконно-оптических нитеподобных сцинтилляторов-световодов, один из которых - неорганический сцинтиллятор, изготовленный из галогенидов серебра (AgCl-AgBr) с активирующими добавками, чувствителен к гамма-излучению и замедленным нейтронам, второй - органический сцинтиллятор - выполнен из пластика  $(\text{CH})_n$ , чувствителен к быстрым нейтронам. Выносной конец сцинтилляционного кабеля снабжен отражателем света, а другой конец оптически

соединен с фотоэлектронным умножителем (ФЭУ). По сути детектор включает в себя сцинтилляционный волоконно-оптический кабель, отражатель света с одной его стороны и ФЭУ с другой. Такой детектор пригоден только для регистрации излучения в каналах, щелях, лабиринтах, трубах, однако он не пригоден для визуализации изображений регистрируемых радиационных полей, и передачи радиационных интроскопических картин из-за того, что считывание информации ведется только одним обычным (немногоканальным) фотоэлектронным умножителем. Детектор не обеспечивает раздельного считывания отдельных сцинтилляционных волокон (особенно при большом их количестве) и не обеспечивает высокого пространственного разрешения, необходимого для качественного получения и передачи информации по визуализации изображений, создаваемых рентгеновским излучением.

Наиболее близким к заявляемому является световолоконный сцинтилляционный детектор (Salomon M. New Measurements of Scintillating Fibers Coupled to Multianode Photomultipliers, IEEE Trans. Nucl. Sci. 1992. Vol.39. P.671). Такой детектор содержит блок сцинтилляционных волокон (до нескольких тысяч волокон) и фотоприемное устройство либо в виде многоканального ФЭУ, либо в виде оптической системы пикселей, обеспечивающее раздельное считывание отдельных сцинтилляционных волокон. Известное устройство обеспечивает регистрацию треков быстрых заряженных частиц в калориметрах различного типа. Однако известный световолоконный сцинтилляционный детектор, содержащий блоки сцинтилляционных волокон из органических материалов, имеющих невысокий эффективный атомный номер и соответственно невысокую эффективность регистрации и визуализации рентгеновского излучения, не может быть рекомендован для использования в качестве датчиков или чувствительных элементов в томографах медицинского типа из-за требуемых для обеспечения необходимой чувствительности недопустимо высоких для пациентов доз рентгеновского облучения. Дополнительным недостатком известного световолоконного сцинтилляционного детектора при его использовании в промышленных системах неразрушающего контроля является низкая термическая устойчивость органических блоков сцинтилляционных волокон. Кроме того, известный детектор содержит органические сцинтиллирующие добавки и смесители спектра по всей длине волокна, что снижают его прозрачность при передаче на большие расстояния информации к фотоприемному устройству, включающему в себя оптическую систему пикселей или многоканальный фотоэлектронный умножитель. Например, в сцинтилляционных волокнах или стержнях, в которых в качестве смесителя-формирователя спектра свечения используют ВВQ-поглотитель, растворенный в полиметилметакрилате, интенсивность света уменьшается в два раза при их длине 1-1,5 м (Salomon M. New Measurements of Scintillating Fibers Coupled to Multianode Photomultipliers, IEEE Trans. Nucl. Sci. 1992. Vol.39. P.671).

Заявляемое устройство (блок-схема приведена на чертеже) - световолоконный сцинтилляционный детектор рентгеновского излучения - содержит блок регистрации рентгеновского излучения в виде набора волоконно-оптических сцинтилляторов 1, передающий блок волоконно-оптической связи 2, выполненные в виде единого волоконно-оптического модуля, фотоприемное устройство 3 с блоком электронной обработки сигналов в виде оптической системы пикселей. Единый волоконно-оптический модуль выполнен в виде цельных волокон на основе галогенидов серебра AgCl-AgBr-AgI, причем регистрирующая часть 1 модуля содержит активирующую добавку (один из элементов: таллий, хром, европий, церий и др. в количестве 0,01-0,001 мас.%), а передающая часть 2 модуля выполнена без активирующих добавок.

Регистрирующая часть 1 единого волоконно-оптического модуля (блок регистрации) обеспечивает регистрацию рентгеновского излучения и его визуализацию. Она фактически служит сцинтилляционным экраном, на котором формируется изображение, несущее информацию о структуре и дефектах анализируемого объекта. Передающая часть 2 единого волоконно-оптического модуля (передающий блок волоконно-оптической связи), выполненная в виде волоконно-оптического кабеля на основе галогенидов серебра без

активирующих добавок (длиной до нескольких метров), обеспечивает передачу информации к фотоприемному устройству 3 с блоком электронной обработки сигналов.

Устройство работает следующим образом. Рентгеновское излучение, прошедшее через анализируемый объект (через диагностируемую часть человеческого тела или через промышленное изделие) и несущее информацию об объекте анализа, попадая в регистрирующую часть 1 единого волоконно-оптического модуля (блок регистрации), вызывает в ней появление коротких световых вспышек (сцинтилляций) с длиной волны ~ 400 нм и длительностью 20 нс. Таким образом, регистрирующая часть 1 обеспечивает визуализацию рентгеновского излучения, играя роль приемного сцинтилляционного экрана. Возникающее на экране изображение через передающую часть 2 единого волоконно-оптического модуля из неактивированных волокон передается в фотоприемное устройство 3 с блоком электронной обработки сигналов в виде оптической системы пикселей (или в виде многоэлементного фотоэлектронного умножителя).

В связи с тем, что сцинтилляционные волокна на основе галогенидов серебра имеют в несколько раз более высокую плотность ( $6,4 \text{ г/см}^3$ ) в сравнении с плотностью ранее применяемых органических волокон и в 6-7 раз более высокий эффективный атомный номер, чем у органического пластика, эффективность регистрации (визуализации) рентгеновского излучения предлагаемым световолоконным сцинтилляционным детектором повышается в несколько раз.

Дополнительным преимуществом предлагаемого световолоконного сцинтилляционного детектора является высокая прозрачность передающей (кабельной) части блока сцинтилляционных волокон в инфракрасном диапазоне (до 40 мкм), обеспечивающая возможность работы предлагаемого устройства в сочетании с действующими линиями волоконно-оптической связи в качестве терминального устройства сети радиационного мониторинга.

#### Формула изобретения

Световолоконный сцинтилляционный детектор рентгеновского излучения, содержащий блок регистрации рентгеновского излучения в виде набора волоконно-оптических сцинтилляторов, передающий блок волоконно-оптической связи, выполненные в виде единого волоконно-оптического модуля, фотоприемное устройство с блоком электронной обработки сигналов в виде оптической системы пикселей, отличающийся тем, что единый волоконно-оптический модуль выполнен в виде цельных волокон на основе галогенидов серебра  $\text{AgCl-AgBr-AgI}$ , причем регистрирующая часть содержит активирующую добавку, а передающая часть выполнена без активирующих добавок.







ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ИЗВЕЩЕНИЯ К ПАТЕНТУ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

(21), (22) Заявка: 2003120760/28, 07.07.2003

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
07.07.2003

(45) Опубликовано: 10.03.2005

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2154290 C1, 10.08.2000. RU 2066463  
C1, 10.09.1996. US 5636299 A, 03.06.1997. US  
3717762 A, 20.02.1973.

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, УГТУ-  
УПИ, центр интеллектуальной собственности,  
Т.В. Маркс

(72) Автор(ы):

Шульгин Б.В. (RU),  
Жукова Л.В. (RU),  
Петров В.Л. (RU),  
Райков Д.В. (RU),  
Черепанов А.Н. (RU)

(73) Патентообладатель(и):

ГОУ ВПО Уральский государственный  
технический университет-УПИ (RU)

(54) СВЕТОВОЛОКОННЫЙ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЙ ДЕТЕКТОР РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Опубликовано на CD-ROM: MIMOSA RBI 2005/07D RBI200507D

ММ4А - Досрочное прекращение действия патента СССР или патента Российской Федерации на изобретение из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

(21) Регистрационный номер заявки: 2003120760

Дата прекращения действия патента: 08.07.2005

Извещение опубликовано: 20.03.2007 БИ: 08/2007